

## MAGNETORESISTIVE ELEMENT

Patent Number: JP7221363  
Publication date: 1995-08-18  
Inventor(s): SAITO OSAMU; others: 04  
Applicant(s): FUJI ELECTRIC CO LTD  
Requested Patent: JP7221363  
Application Number: JP19940010163 19940201  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L43/08  
EC Classification:  
Equivalents:

### Abstract

**PURPOSE:** To obtain a magnetoresistive element having a high  $\Delta R/R$  and low  $H_s$  by alternately piling up ferromagnetic thin films and nonmagnetic thin films two or more times and making the electric current flowing direction perpendicular to the main surface of each film.

**CONSTITUTION:** A magnetoresistive element is constituted in a multilayered structure by alternately piling up magnetic layers 1 composed of ferromagnetic thin films and nonmagnetic layers 2 composed of nonmagnetic thin films upon another two or more times in a pairing state. The layers 1 and 2 are constituted in a nonferromagnetic coupling type composed of Fe/Cr, Cu/Co, etc., or noncoupling type composed of Cu/Co/Cu/NiFe, Au/Co, Fe/Cu/Co, etc., and spin valve type composed of Ni(Fe)/Cu/Ni(Fe)/Fe/Mn, etc. In this magnetoresistive element, a conductor 6 is led out from an appropriately formed electrode terminal so that an electric current can flow in the direction perpendicular to the surface of the film of the element. Therefore, resistance variation which is larger than that obtained when the electric current is made to flow in the surface of film can be obtained from a current scattering effect to the electric current flowing in the direction perpendicular to the main surface of the thin film.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-221363

(43) 公開日 平成7年(1995)8月18日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 43/08

識別記号

Z

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-10163

(22) 出願日 平成6年(1994)2月1日

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 斎藤 修

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(72) 発明者 麓 孝文

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(72) 発明者 大久保 恵司

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山口 巖

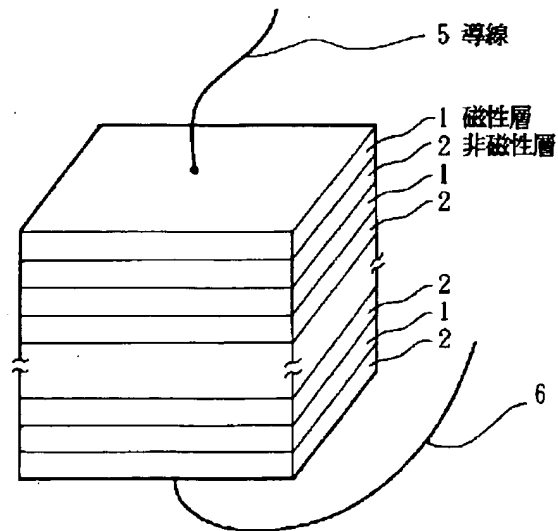
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗素子

(57) 【要約】

【目的】 高い磁気抵抗変化率を付与する。

【構成】 磁気抵抗効果の発生原因となる電子のスピン依存散乱は、基本的に磁気抵抗素子の積層体を形成する強磁性薄膜と非磁性薄膜の各主面に対して、垂直な方向の電流の電子散乱効果であるから、電流方向を、素子積層体の主面に対して垂直な方向とすることにより、従来素子のように膜面内に電流が流れる場合に比べて、大きな磁気抵抗変化率を得ることができる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】強磁性薄膜と非磁性薄膜が交互に2回以上積層されてなる磁気抵抗素子であって、電流方向を前記各膜の主面に対して垂直方向として用いることを特徴とする磁気抵抗素子。

【請求項2】請求項1記載の磁気抵抗素子において、強磁性薄膜と非磁性薄膜の各層の組み合わせがFe/CrまたはCu/Coからなる反強磁性結合型であることを特徴とする磁気抵抗素子。

【請求項3】請求項1記載の磁気抵抗素子において、強磁性薄膜と非磁性薄膜の各層の組み合わせがCu/Co/Cu/NiFe, Au/Co, またはFe/Cu/Coからなる非結合型であることを特徴とする磁気抵抗素子。

【請求項4】請求項1記載の磁気抵抗素子において、強磁性薄膜と非磁性薄膜の各層の組み合わせがNi(Fe)/Cu/Ni(Fe)/FeMnからなるスピバルブ型であることを特徴とする磁気抵抗素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、固定磁気ディスク装置など、磁気記録を利用した記憶装置に用いられる磁気抵抗素子に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気記録の高密度化が進み、読出し専用素子として、磁気抵抗効果（磁場による抵抗変化）を利用した磁気抵抗素子が採用され、これが主流となる趨勢にある。この磁気抵抗効果は、従来、NiFeまたはNiFeCo合金の単層薄膜などで、抵抗変化率は約3～6%が観測されてきたが、最近、この抵抗変化率を大幅に上回る多層構造にした巨大磁気抵抗効果が見出され、基礎研究からエレクトロニクスの分野まで広く注目されている。

【0003】現在、磁気ヘッドとして用いられる読出し専用素子としての磁気抵抗素子には、NiFeまたはNiFeCo合金の単層薄膜などが適用されているが、今後、さらに高記録密度化が進むに従い、巨大磁気抵抗効果を利用した種々の人工格子多層膜、例えば反強磁性結合型としてFeとCrの重ね合わせたFe/Cr、またはCu/Co、非結合型としてCu/Co/Cu/NiFe、スピバルブ型としてNiFe/非磁性金属/NiFe/FeMnなど、もしくは合金単層薄膜としてAg-Co合金などのグラニューラ薄膜が磁気ヘッドに用いられることが予想されている。

【0004】図2は人工格子多層膜を用いた磁気抵抗素子の構成を示す模式斜視図であり、図示を省略した基板上に、強磁性薄膜の磁性層1と、非磁性薄膜の非磁性層2を一對として、これを2回以上積層して多層構造としたものである。電流はこの多層膜の側面に設けた電極端子から導線6を引き出し、電流は膜面内を流れるように

2

してある。磁性層1と非磁性層2および電極は、イオンビームスパッタ法、DCマグネトロンスパッタ法、RFマグネトロンスパッタ法、または蒸着法などにより作製される。

【0005】これらの人工格子多層膜は、現在、室温の抵抗変化率が10%程度、飽和磁界(Hs)は20～30Oe程度が得られており、今後研究が進むにつれて、さらに高抵抗変化率、低Hs化が実現する可能性が極めて高い。この巨大磁気抵抗効果のメカニズムを以下に説明する。図3は磁性層1と非磁性層2とを交互に積層した多層構造の人工格子の断面を表わす部分模式図であり、図3(a)は、これを磁化したとき、磁性層1の磁化方向がすべて矢印3で示す一方向に揃う場合、図3(b)は、磁化したときに、一層おきに配置された磁性層1の磁化方向が互いに矢印3のように逆向きになる場合を示している。

【0006】ここで、この人工格子の中に存在する伝導電子e<sup>-</sup>のスピンの方向は、矢印4で示すように、磁化方向3と平行または反平行のスピンの持つものと仮定する。伝導電子e<sup>-</sup>が磁性層1に進入しようとするとき、磁化と同方向4のスピンの持つ電子e<sup>-</sup>は自由に移動するが、スピン方向4が逆向きであれば、界面付近で散乱される。このとき、図3(a)に示すように、磁性層1の磁化方向3がすべて平行であれば、磁化と同じ方向のスピンの持つ電子e<sup>-</sup>は、散乱されることなく移動することができ、逆方向のスピンの持つ電子e<sup>-</sup>は散乱されるが、全体としては伝導度の高い状態となる。電子e<sup>-</sup>の伝導経路を矢印5で示す。

【0007】一方、各層の磁化が一層おきに逆方向を向いている図3(b)の場合は、電子e<sup>-</sup>はスピンの方向4にかかわらず、いずれもスピンと反対方向の磁化を持つ磁性層1の界面で散乱を受けるので、電子e<sup>-</sup>の伝導経路5は図3(b)のようになり、抵抗は図3(a)の状態より大きくなる。図4は、磁性層1と非磁性層2とを交互に積層した多層構造の人工格子のR(抵抗)－H(磁場)曲線を表わす線図であり、図4中に、この特性に対応して図3に示した磁性層1、非磁性層2、磁化方向3の関係を付記してある。即ち、磁界が0のとき、図3(b)の素子は、抵抗が最大となり、磁界が加わると図3(a)のようになって、磁界が一方向に揃うので抵抗は低くなり、ΔR/R(磁気抵抗変化率)が高くなる。

【0008】この現象は、基本的に膜面に垂直方向の電流に対する電子散乱効果であるが、実際には電子は三次元的に移動するので、電流方向を膜面内に設定する図2に示す構造でも、大きな磁気抵抗効果が観測される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】巨大磁気抵抗効果の起因となるスピン依存散乱が働くには、少なくとも2枚の磁性層間を電子が、散乱することなく移動できるだけの

3

平均自由程を有する必要があり、また、このスピン依存散乱は、上述のように磁気抵抗効果の発現メカニズムから、基本的に膜面に垂直方向の電流に対しての電子散乱効果である。

【0010】しかし、従来、人工格子多層膜を用いた磁気抵抗素子は、電流方向が膜面に設定されており、 $\Delta R/R$ が10%程度、 $H_s$ が20~30Oe程度が得られているものの、さらに高記録密度の磁気抵抗効果型の磁気ヘッドを実現するためには、高 $\Delta R/R$ と低 $H_s$ の磁気抵抗素子が必要であり、そのためには、素子の膜面に対して垂直方向に電流を流す方が抵抗変化率は大きくなる。

【0011】本発明の目的は、素子に流す電流の方向を、積層体を形成している膜面に対して垂直となるようにし、従来に比べて、高 $\Delta R/R$ と低 $H_s$ を有する磁気抵抗素子を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明の磁気抵抗素子は、電流方向が積層体の主面に対して垂直な方向となるように導線を接続したものであり、積層体を形成する強磁性薄膜と非磁性薄膜との組み合わせを、Fe/CrまたはCu/Coからなる反強磁性結合型、Cu/Co/Cu/NiFe, Au/Co, またはFe/Cu/Coからなる非結合型、もしくはNi(Fe)/Cu/Ni(Fe)/FeMnからなるスピンプルプ型とする。

【0013】

【作用】以上のように構成したため、磁気抵抗効果の発生原因となる電子のスピン依存散乱は、基本的に膜主面に垂直方向の電流に対しての電子散乱効果であるから、従来素子のように膜面に電流が流れる場合に比べて、大きな抵抗変化率を得ることができる。

【0014】

【実施例】以下、本発明を実施例に基づき説明する。図1は人工格子多層膜を用いた本発明の磁気抵抗素子の構成を示す模式斜視図であり、図2と共通部分に同一符号を用いてある。この素子は、多層膜の構造自体は図2と全く同じであるが、異なる点は、導線6の引き出し個所にあり、本発明では電流が素子の膜面に対して垂直に流れるように、適当に形成した電極端子から、導線6を引

4

き出していることである。このようにすると、前述の各薄膜の主面に垂直な方向の電流に対する電子散乱効果により、膜面に電流を流すより大きな抵抗変化率を得ることができる。

【0015】本発明の磁気抵抗素子に用いられる磁性層1と非磁性層2の各薄膜の組み合わせは、Fe/CrまたはCu/Coなどからなる反強磁性結合型、Cu/Co/Cu/NiFe, Au/Co, またはFe/Cu/Coなどからなる非結合型、Ni(Fe)/Cu/Ni(Fe)/FeMnなどからなるスピンプルプ型とすることができ、これらの磁気抵抗素子を、例えば固定磁気ディスクなどの磁気記録装置の磁気ヘッドの再生専用素子に適用することにより、従来に比べて高記録密度の磁気ヘッドが実現される。

【0016】このような磁気抵抗素子を得るための多層膜の各膜厚、磁性層1と非磁性層2の積層回数、素子自体の大きさ、使用材料などについては、目標とする記録密度を達成するために必要な抵抗変化率が得られるように、実状に応じて調整すればよい。

【0017】

【発明の効果】本発明の磁気抵抗素子は、素子に流す電流方向を積層体の主面に対して、垂直な方向となるようにしたため、膜面に電流が流れる従来素子に比べて、より大きな抵抗変化率を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気抵抗素子の構成を示す模式斜視図

【図2】従来の磁気抵抗素子の構成を示す模式斜視図

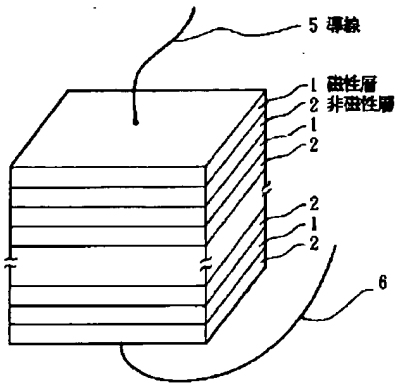
【図3】磁気抵抗素子の磁化状態を示し、それぞれ(a)は磁化方向がすべて一方向に揃う場合、(b)は磁化方向が各磁性層について互いに逆向きになる場合の部分模式断面図

【図4】磁気抵抗素子のR-H曲線図

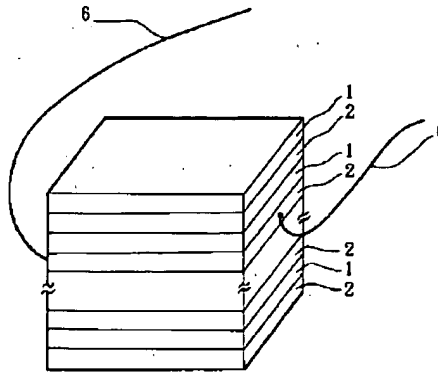
【符号の説明】

- 1 磁性層
- 2 非磁性層
- 3 磁性層の磁化方向
- 4 電子のスビンの方向
- 5 電子の伝導経路
- 6 導線

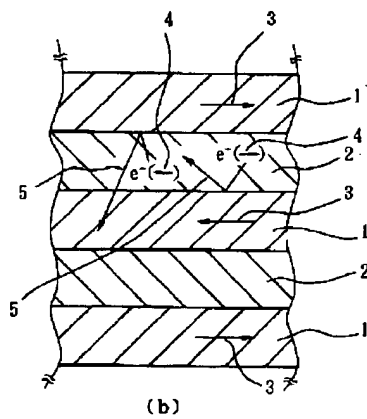
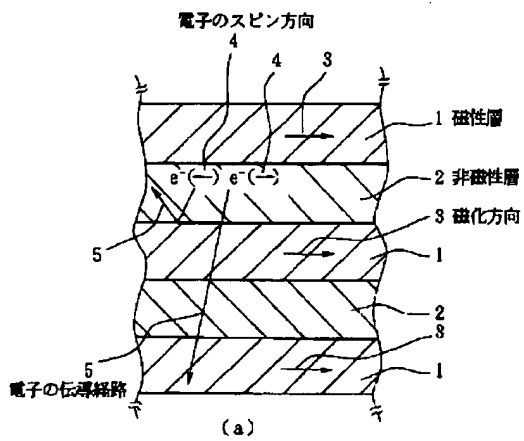
【図1】



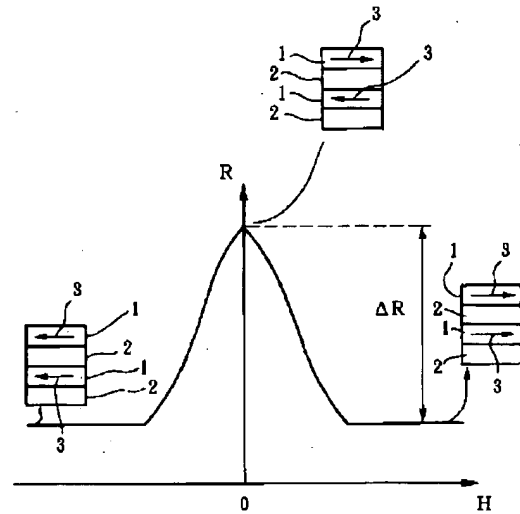
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 岡村 祐子

神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号  
富士電機株式会社内

(72)発明者 安宅 豊路

神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号  
富士電機株式会社内